

EP04 113651

PCT/EP200 4 / 0 1 3 6 5 1

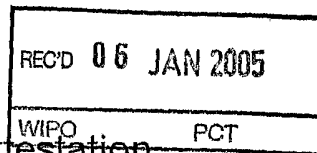


Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

01 DEC 2004



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03028575.3

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

1. The first part of the document is a list of names and dates.



Anmeldung Nr:
Application no.: 03028575.3
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 11.12.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verwendung einer Wärmedämmschicht für ein Bauteil einer Dampfturbine und eine Dampfturbine

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H01Q/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

Verwendung einer Wärmedämmschicht für ein Bauteil einer
Dampfturbine und eine Dampfturbine

- 5 Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 und eine Dampfturbine nach Anspruch 37.

Wärmedämmschichten, die auf Bauteilen aufgebracht werden,
sind aus dem Bereich der Gasturbinen bekannt, wie sie z.B. in
10 der EP 1 029 115 oder WO 00/25005 beschrieben sind.

Aus der DE 195 35 227 A1 ist bekannt, eine Wärmedämmschicht
in einer Dampfturbine vorzusehen, um Werkstoffe mit schlech-
teren mechanischen Eigenschaften, die aber kostengünstiger
15 sind, für das Substrat, auf das die Wärmedämmschicht aufge-
bracht wird, verwenden zu können.

Die Wärmedämmschicht ist im kälteren Bereich eines Dampf-
strömbereichs aufgebracht.

- 20 Wärmedämmschichten erlauben es, Bauteile bei höheren Tempera-
turen einzusetzen, als es der Grundwerkstoff allein zulässt,
oder die Einsatzdauer zu verlängern.

Bekannte Grundwerkstoffe ermöglichen Einsatztemperaturen von
25 maximal 1000°C - 1100°C, wohingegen eine Beschichtung mit
einer Wärmedämmschicht Einsatztemperaturen von bis zu 1350°C
in Gasturbinen ermöglicht.

Im Vergleich zu Gasturbinen sind die Einsatztemperaturen von
Bauteilen in einer Dampfturbine deutlich niedriger, Druck und
Dichte des Fluids jedoch höher und Art des Fluids anders, so
dass dort andere Anforderungen an die Materialien gestellt
werden.

- 35 Wesentlich für den Wirkungsgrad einer Dampfturbine sind die
radialen und axialen Spiele zwischen Rotor und Stator. Maß-
geblichen Einfluss darauf hat die Verformung der Dampfturbi-

nen-Gehäuse, deren Funktion es u.a. ist, die Leitschaufeln gegenüber den an der Welle befestigten Laufschaufeln zu positionieren.

5 Diese Gehäuseverformungen enthalten thermische Anteile (aus Wärmeeintrag) sowie viskoplastische Anteile (aus Bauteil-Kriechen bzw. -Relaxation).

10 Bei anderen Komponenten einer Dampfturbine (z. B. Ventil-Gehäusen) wirken sich unzulässige viskoplastische Verformungen nachteilig auf deren Funktion aus (z. B. Dichtheit des Ventils).

15 Aufgabe der Erfindung ist es, die genannten Probleme zu überwinden.

20 Die Aufgabe wird gelöst durch die Verwendung einer Wärmedämmschicht für ein Bauteil, insbesondere für eine Dampfturbine gemäss Anspruch 1.

25 Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine Dampfturbine gemäss Anspruch 37, die eine Wärmedämmschicht mit lokal unterschiedlichen Parametern (Materialien, Porosität, Dicke) aufweist. Lokal bedeutet örtlich voneinander abgegrenzte Bereiche der Oberflächen von einem oder mehreren Bauteilen einer Turbine.

30 Die Wärmedämmschicht dient nicht notwendigerweise nur dem Zweck, den Bereich der Einsatztemperaturen nach oben zu verschieben, sondern auch dazu, das Verformungsverhalten gezielt positiv zu beeinflussen durch

- a) die Absenkung der integralen stationären Temperatur eines Gehäuseteils gegenüber einem anderen Gehäuseteil,
- 35 b) eine Abschirmung der Bauteile gegen Dampf mit stark veränderlichen Temperaturen bei instationären Zuständen (Start, Abfahren, Lastwechsel),

- c) eine Reduzierung der viskoplastischen Verformungen von Gehäusen, die sowohl durch abnehmende Kriechresistenz der Werkstoffe bei hohen Temperaturen als auch durch Thermo-
spannungen infolge von Temperaturunterschieden im Bauteil
5 entstehen.

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Bauteils aufgelistet.

- 10 Die in den Unteransprüchen aufgelisteten Maßnahmen können in vorteilhafter Art und Weise miteinander verknüpft werden.

Vorteilhaft wirkt sich die kontrollierte Beeinflussung des
15 Verformungsverhaltens bei einem Radialspalt zwischen Turbinen-Rotor und Turbinenstator aus. Turbinenschaufel und einem Gehäuse auf, indem dieser Radialspalt minimiert wird. Eine Minimierung des Radialspalts führt zur Erhöhung des Wirkungsgrads der Turbine.

20 Ebenso werden vorteilhafterweise durch das kontrollierte Verformungsverhalten Axialspalte in einer Dampfturbine, insbesondere zwischen Rotor und Gehäuse, kontrolliert eingestellt und minimiert.

25 Besonders vorteilhaft wirkt es sich aus, dass eine integrale Temperatur des Gehäuses durch die Aufbringung der Wärmedämmschicht geringer ist als die Temperatur der Welle, so dass der radiale Spalt zwischen Rotor und Stator, d.h. zwischen
30 Laufschaufelspitze und Gehäuse bzw. zwischen Leitschaufelspitze und Welle, im Betrieb (höhere Temperaturen als Raumtemperatur) kleiner ist als bei der Montage (Raumtemperatur). Eine Verringerung der instationären thermischen Verformung von Gehäusen und deren Angleichung an das Verformungsverhalten der zumeist thermisch trägeren Turbinenwelle bewirkt
35 ebenfalls eine Reduzierung der vorzusehenden radialen Spiele.

Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht wird auch eine viskose Kriechverformung reduziert, und das Bauteil kann länger eingesetzt werden.

- 5 Die Wärmedämmschicht kann vorteilhafterweise bei neuhergestellten, gebrauchten (d.h. es ist keine Reparatur notwendig) und wiederaufgearbeiteten Bauteilen verwendet werden.
- 10 Ausführungsbeispiele sind in den Figuren dargestellt.

Es zeigen

- | | |
|---------------------------|--|
| Figur 1, 2, 3, 4 | Anordnungsmöglichkeiten einer Wärmedämmschicht eines Bauteils, |
| Figur 5, 6 | einen Gradienten der Porosität innerhalb der Wärmedämmschicht eines Bauteils, |
| Figur 7, 9 | den Einfluss eines Temperaturunterschieds auf ein Bauteil, |
| Figur 8 | eine Dampfturbine und |
| Figur 10, 11, 12, 13, 14, | weitere Verwendungsbeispiele einer |
| 15, 16, 17, | Wärmedämmschicht, |
| Figur 18 | den Einfluss einer Wärmedämmschicht auf die Lebensdauer eines wieder aufgearbeiteten Bauteils. |

15

Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß ausgebildeten Bauteils 1.

- Das Bauteil 1 ist ein Bauteil, insbesondere ein Einströmreich 333 einer Turbine (Gas, Dampf), insbesondere einer Dampfturbine 300, 303 (Fig. 8) und besteht aus einem Substrat 4 (z.B. Tragstruktur, Gehäuseteil) und einer darauf aufgebrachtten Wärmedämmschicht 7.
- 20

Die Wärmedämmschicht 7 ist insbesondere eine keramische Schicht, die beispielsweise aus Zirkonoxid (teilstabilisiert, vollstabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Magnesiumoxid) und/oder aus Titanoxid besteht, und ist beispielsweise dicker
5 als 0.1 mm.

So können Wärmedämmschichten 7, die zu 100% entweder aus Zirkonoxid oder Titanoxid bestehen, verwendet werden.

Die keramische Schicht kann mittels bekannter Beschichtungsverfahren wie atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), Vakuumplasmaspritzen (VPS), Niedrigdruckplasmaspritzen (LPPS),
10 umplasmaspritzen (VPS), Niedrigdruckplasmaspritzen (LPPS), sowie durch chemische oder physikalische Beschichtungsmethoden (CVD, PVD) aufgebracht werden.

15 Figur 2 zeigt eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäß ausgebildeten Bauteils 1.

Zwischen dem Substrat 4 und der Wärmedämmschicht 7 ist zumindest eine Zwischenschutzschicht 10 angeordnet.

Die Zwischenschutzschicht 10 dient zum Schutz vor Korrosion und/oder Oxidation des Substrats 4 und/oder zur besseren An-
20 bindung der Wärmedämmschicht an das Substrat 4. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Wärmedämmschicht aus Keramik und das Substrat 4 aus einem Metall besteht.

25 Die Zwischenschutzschicht 10 zum Schutz eines Substrats 4 gegen Korrosion und Oxidation bei einer hohen Temperatur weist beispielsweise im wesentlichen folgende Elemente auf (Angabe der Anteile in Gewichtsprozent):

11,5 bis 20,0 wt% Chrom,
30 0,3 bis 1,5 wt% Silizium,
0,0 bis 1,0 wt% Aluminium,
0,0 bis 0,7 wt% Yttrium und/oder zumindest ein äquivalentes Metall aus der Gruppe umfassend Scandium und die Elemente der Seltenen Erden, Rest Eisen, Kobalt und/oder Nickel sowie her-
35 stellungsbedingte Verunreinigungen;
insbesondere besteht die metallische Zwischenschutzschicht 10 aus

- 12,5 bis 14,0 wt% Chrom,
0,5 bis 1,0 wt% Silizium,
0,1 bis 0,5 wt% Aluminium,
0,0 bis 0,7 wt% Yttrium und/oder zumindest ein äquivalentes
- 5 Metall aus der Gruppe umfassend Scandium und die Elemente der Seltenen Erden, Rest Eisen und/oder Kobalt und/oder Nickel sowie herstellungsbedingte Verunreinigungen.
Bevorzugt ist es, wenn der Rest nur Eisen ist.
- 10 Die Zusammensetzung der Zwischenschuttschicht 7 auf Eisenbasis zeigt besonders gute Eigenschaften, so dass die Schutzschicht 7 hervorragend zur Aufbringung auf ferritischen Substraten 4 geeignet ist.
Dabei können die thermischen Ausdehnungskoeffizienten von
- 15 Substrat 4 und Zwischenschuttschicht 10 sehr gut aneinander angeglichen werden oder sogar gleich sein, so dass es zu keinem thermisch verursachten Spannungsaufbau zwischen Substrat 4 und Zwischenschuttschicht 10 kommt (thermal mismatch), der ein Abplatzen der Zwischenschuttschicht 10 verursachen könnte.
- 20 Dies ist besonders wichtig, da bei ferritischen Werkstoffen oft keine Wärmebehandlung zur Diffusionsanbindung durchgeführt wird, sondern die Schutzschicht 7 größtenteils oder nur durch Adhäsion auf dem Substrat 4 haftet.
- 25 Insbesondere ist das Substrat 4 dann eine ferritische Basislegierung, ein Stahl oder eine Nickel- oder kobaltbasierte Superlegierung, insbesondere ein 1%CrMoV-Stahl oder ein 10 bis 12prozentiger Chromstahl.
- 30 Weitere vorteilhafte ferritische Substrate 4 des Schichtsystems 1 bestehen aus einem
- 35 1% bis 2%Cr Stahl für Wellen (309, Fig. 4):
wie z.B. 30CrMoNiV5-11 oder 23CrMoNiWV8-8,
- 1% bis 2%Cr Stahl für Gehäuse (beispielsweise 333, Fig. 4):

G17CrMoV5-10 oder G17CrMo9-10,

10% Cr-Stahl für Wellen(309, Fig. 4):

X12CrMoWVNbN10-1-1,

5

10% Cr-Stahl für Gehäuse (beispielsweise 333, Fig. 4):

GX12CrMoWVNbN10-1-1 oder GX12CrMoVNB9-1.

10 Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäß ausgebildeten Bauteils 1.

Auf der Wärmedämmschicht 7 bildet nun eine Erosionsschutzschicht 13 die äußere Oberfläche.

15 Sie besteht insbesondere aus einem Metall oder einer Metalllegierung und schützt das Bauteil vor Erosion und/oder Verschleiß, wie es insbesondere bei Dampfturbinen 300, 303 (Fig. 8), die eine Verzunderung im Heißdampfbereich aufweisen, der Fall ist, wo mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 50m/s (d.h. 20 - 100m/s), und Drücke von bis zu 400 bar auftreten.

20

Für eine möglichst gute Wirkungsweise der Wärmedämmschicht weist die Wärmedämmschicht eine gewisse offene und/oder geschlossene Porosität auf.

25

Vorzugsweise weist die Verschleiß/Erosionsschutzschicht 13 eine höhere Dichte auf und besteht aus Legierungen auf der Basis von Eisen, Chrom, Nickel und/oder Kobalt oder MCrAlX oder beispielsweise NiCr 80/20 oder mit Beimengungen von Bor (B) und Silizium (Si) NiCrSiB oder NiAl (beispielsweise Ni: 30 95%, Al 5%).

Insbesondere kann eine metallische Erosionsschutzschicht 13 bei Dampfturbinen 300, 303 eingesetzt werden, da die Einsatz- 35 temperaturen in Dampfturbinen beim Dampfeinströmbereich 33 maximal bei 800°C oder 850°C liegen. Für solche Temperaturbereiche gibt es genügend metallische Schichten, die einen hin-

reichend großen notwendigen Erosionsschutz über die Einsatzdauer des Bauteils 1 aufweisen.

5 Metallische Erosionsschutzschichten 13 in Gasturbinen auf einer keramischen Wärmedämmschicht 7 sind dort nicht überall möglich, da metallische Erosionsschutzschichten 13 als äußere Schicht die maximalen Einzeltemperaturen von bis zu 1350°C nicht aushalten können.

10 Keramische Erosionsschutzschichten 13 sind ebenso denkbar.

Weitere Materialien für die Erosionsschutzschicht 13 sind beispielsweise Chromkarbid (Cr_3C_2), eine Mischung aus Wolframkarbid, Chromkarbid und Nickel (WC-CrC-Ni) beispielsweise
15 mit den Gewichtsanteilen 73 wt% für Wolframkarbid, 20 wt% für Chromkarbid und 7 wt% für Nickel, ferner Chromkarbid mit der Beimischung von Nickel ($\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-Ni}$) beispielsweise mit einem Anteil von 83 wt% Chromkarbid und 17 wt% Nickel sowie eine Mischung aus Chromkarbid und Nickelchrom ($\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$)
20 beispielsweise mit einem Anteil von 75 wt% Chromkarbid und 25 wt% Nickelchrom sowie Yttrium-stabilisiertes Zirkonoxid beispielsweise mit einem Gewichtsanteil von 80 wt% Zirkonoxid und 20 wt% Yttriumoxid.

25 Ebenso kann im Vergleich zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 noch eine Zwischenschutzschicht 10 vorhanden sein (Fig. 4).

30

Figur 5 zeigt eine Wärmedämmschicht 7 mit einem Gradienten der Porosität.

In der Wärmedämmschicht 7 sind Poren 16 vorhanden. In Richtung einer äußeren Oberfläche nimmt die Dichte ρ der Wärmedämmschicht 7 zu (Richtung Pfeil).
35

Somit besteht zum Substrat 4 oder einer ggf. vorhandenen Zwischenschuttschicht 10 hin vorzugsweise eine größere Porosität als im Bereich einer äußeren Oberfläche oder der Kontaktfläche zu der Erosionsschutzschicht 13.

5

In Figur 6 verläuft der Gradient in der Dichte ρ der Wärmedämmschicht 7 entgegengesetzt wie in der Figur 5 gezeigt (Richtung Pfeil).

10

Die Figuren 7a, b zeigen den Einfluss der Wärmedämmschicht 7 auf das thermisch bedingte Verformungsverhalten des Bauteils 1.

15

Figur 7a zeigt ein Bauteil ohne Wärmedämmschicht.

An zwei gegenüberliegenden Seiten des Substrats 4 herrschen zwei verschiedene Temperaturen, eine höhere Temperatur T_{\max} und eine niedrigere Temperatur T_{\min} , wodurch ein Temperaturunterschied $dT(4)$ gegeben ist.

20

Somit dehnt sich das Substrat 4, wie es gestrichelt angedeutet ist, im Bereich der höheren Temperatur T_{\max} aufgrund der thermischen Ausdehnung deutlich stärker aus als im Bereich der kleineren Temperatur T_{\min} . Diese unterschiedliche Ausdehnung verursacht eine unerwünschte Verformung eines Gehäuses.

25

Hingegen ist bei der Figur 7b auf dem Substrat 4 eine Wärmedämmschicht 7 vorhanden, wobei das Substrat 4 und die Wärmedämmschicht 7 zusammen beispielsweise genauso dick sind wie das Substrat 4 in Figur 7a.

30

Die Wärmedämmschicht 7 reduziert die maximale Temperatur an der Oberfläche des Substrats 4 überproportional auf eine Temperatur T'_{\max} , obwohl die äußere Temperatur T_{\max} genauso hoch ist wie in Figur 7a. Dies ergibt sich nicht nur aus dem Abstand der Oberfläche des Substrats 4 zur äußeren Oberfläche der Wärmedämmschicht 7 mit der höheren Temperatur, sondern insbesondere durch die geringere thermische Leitfähigkeit der

35

Wärmedämmschicht 7. Innerhalb der Wärmedämmschicht 7 ist ein sehr viel größerer Temperaturgradient vorhanden als im metallischen Substrat 4.

Dadurch wird der Temperaturunterschied $dT(4,7)$ ($= T'_{\max} - T_{\min}$)
5 kleiner als der Temperaturunterschied gemäß Figur 7a ($dT(4) = dT(7) + dT(4,7)$).

Dadurch findet eine wesentlich geringere oder sogar im Vergleich zur Oberfläche mit der Temperatur T_{\min} eine kaum unterschiedliche thermische Ausdehnung des Substrats 4 statt, wie
10 es gestrichelt angedeutet ist, so dass lokal unterschiedliche Ausdehnungen zumindest vergleichmäßigt werden.

Häufig weisen die Wärmedämmschichten 7 auch einen geringeren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das Substrat 4 auf.

Das Substrat 4 in Figur 7b kann auch genauso dick sein wie
15 das in Figur 7a.

In Figur 8 ist beispielhaft eine Dampfturbine 300, 303 mit einer sich entlang einer Rotationsachse 306 erstreckenden
20 Turbinenwelle 309 dargestellt.

Die Dampfturbine weist eine Hochdruck-Teilturbine 300 und eine Mitteldruck-Teilturbine 303 mit jeweils einem Innengehäuse 312 und ein dieses umschließendes Außengehäuse 315 auf.
25 Die Hochdruck-Teilturbine 300 ist beispielsweise in Topfbauart ausgeführt. Die Mitteldruck-Teilturbine 303 ist zweiflutig ausgeführt. Es ist ebenfalls möglich, dass die Mitteldruck-Teilturbine 303 einflutig ausgeführt ist. Entlang der Rotationsachse 306 ist zwischen der Hochdruck-Teilturbine 300
30 und der Mitteldruck-Teilturbine 303 ein Lager 318 angeordnet, wobei die Turbinenwelle 309 in dem Lager 318 einen Lagerbereich 321 aufweist. Die Turbinenwelle 309 ist auf einem weiteren Lager 324 neben der Hochdruck-Teilturbine 300 aufgelagert. Im Bereich dieses Lagers 324 weist die Hochdruck-
35 Teilturbine 300 eine Wellendichtung 345 auf. Die Turbinenwelle 309 ist gegenüber dem Außengehäuse 315 der Mitteldruck-Teilturbine 303 durch zwei weitere Wellendichtungen 345 abge-

dichtet. Zwischen einem Hochdruck-Dampfeinströmbereich 348 und einem Dampfaustrittsbereich 351 weist die Turbinenwelle 309 in der Hochdruck-Teilturbine 300 die Hochdruck-Laufbeschaukelung 354, 357 auf. Diese Hochdruck-Laufbeschaukelung 354, 357 stellt mit den zugehörigen, nicht näher dargestellten Laufschaufeln einen ersten Beschaukelungsbereich 360 dar. Die Mitteldruck-Teilturbine 303 weist einen zentralen Dampfeinströmbereich 333 auf. Dem Dampfeinströmbereich 333 zugeordnet weist die Turbinenwelle 309 eine radialsymmetrische Wellenabschirmung 363, eine Abdeckplatte, einerseits zur Teilung des Dampfstromes in die beiden Fluten der Mitteldruck-Teilturbine 303 sowie zur Verhinderung eines direkten Kontaktes des heißen Dampfes mit der Turbinenwelle 309 auf. Die Turbinenwelle 309 weist in der Mitteldruck-Teilturbine 303 einen zweiten Beschaukelungsbereich 366, 367 mit den Mitteldruck-Laufschaufeln 354, 342 auf. Der durch den zweiten Beschaukelungsbereich 366 strömende heiße Dampf strömt aus der Mitteldruck-Teilturbine 303 aus einem Abströmstutzen 369 zu einer strömungstechnisch nachgeschalteten, nicht dargestellten Niederdruck-Teilturbine.

Die Turbinenwelle 309 ist aus zwei Teilturbinenwellen 309a und 309b zusammengesetzt, die im Bereich des Lagers 318 fest miteinander verbunden sind.

Insbesondere weist der Dampfeinströmbereich 333 jeglichen Dampfturbinentyps eine Wärmedämmschicht 7 und/oder eine Erosionsschutzschicht 13 auf.

Durch das kontrollierte Verformungsverhalten durch Aufbringen einer Wärmedämmschicht kann insbesondere der Wirkungsgrad einer Dampfturbine 300, 303 erhöht werden.

Dies erfolgt beispielsweise durch die Minimierung des Radialspalts (radial, d.h. senkrecht zur Achse 306) zwischen Rotor- und Statorteilen (Fig. 16, 17).

Ebenso kann ein axialer Spalt 378 (parallel zur Achse 306) durch das kontrollierte Verformungsverhalten von Beschau-
felung des Rotors und Gehäuse minimiert werden.

- 5 Die folgenden Beschreibungen der Verwendung der Wärmedämm-
schicht 7 beziehen sich nur exemplarisch auf Bauteile 1 einer
Dampfturbine 300, 303.

- 10 Figur 9 zeigt die Auswirkung von lokal unterschiedlichen Tem-
peraturen auf das Ausdehnungsverhalten eines Bauteils.

Figur 9a zeigt ein Bauteil 1, das sich durch eine Temperatur-
erhöhung (dT) ausdehnt (dL).

- 15 Die thermische Längenausdehnung dL ist gestrichelt angedeu-
tet.

Eine Halterung, Lagerung oder eine Fixierung des Bauteils 1
lässt diese Ausdehnung zu.

- 20 Figur 9b zeigt ebenfalls ein Bauteil 1, das sich aufgrund
einer Temperaturerhöhung ausdehnt.

- Jedoch sind die Temperaturen in verschiedenen Bereichen des
Bauteils 1 unterschiedlich. So ist beispielsweise in einem
mittleren Bereich, beispielsweise dem Einströmbereich 333 die
25 Temperatur T_{333} größer als die Temperatur T_{366} des sich an-
schließenden Beschau-
felungsbereichs 366 und größer als in
einem weiteren, sich anschließenden Gehäuseteil 367 (T_{367}).
Angedeutet ist durch die gestrichelten Linien mit dem Bezugs-
zeichen 333_{gleich} die thermische Ausdehnung des Einströmbe-
30 reichts 333, wenn alle Bereiche 333, 366, 367 eine gleichmä-
ßige Temperaturerhöhung erfahren würden.

- Da jedoch die Temperatur im Einströmbereich 333 größer als in
den umliegenden Bereichen 366 und 367 ist, dehnt sich der
Einströmbereich 333 stärker aus als durch die gestrichelten
35 Linien 333' angedeutet ist.

Da der Einströmbereich 333 zwischen dem Beschau-
felungsbereich 366 und einem weiteren Bereich 367 angeordnet ist, kann sich

der Einströmbereich 333 nicht frei ausdehnen, so dass es zu einem ungleichmäßigen Verformungsverhalten kommt. Durch die Aufbringung der Wärmedämmschicht 7 soll das Verformungsverhalten kontrolliert und/oder gleichmäßig gemacht werden.

5

Figur 10 zeigt eine vergrößerte Darstellung eines Bereichs 333, 366 der Dampfturbine 300, 303.

Die Dampfturbine 300, 303 besteht in der Umgebung des Einströmbereichs 333 aus einem äußeren Gehäuse 334, an dem Temperaturen beispielsweise zwischen 250° bis 350°C anliegen und einem Innengehäuse 335, an dem Temperaturen beispielsweise von 450° bis 620°C, aber auch bis 800°C herrschen, so dass beispielsweise Temperaturunterschiede größer 200°C vorliegen.

15 Auf das Innengehäuse 335 auf der Innenseite 336 wird die Wärmedämmschicht 7 aufgebracht.

Auf die Außenseite 337 wird beispielsweise keine Wärmedämmschicht 7 aufgebracht.

Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht 7 wird der Wärmeeintrag in das Innengehäuse 335 verringert, so dass das thermische Ausdehnungsverhalten des Einströmbereichs 333 und das gesamte Verformungsverhalten der Bereiche 333, 366, 367 beeinflusst wird. Dadurch kann das gesamte Verformungsverhalten des Innengehäuses 334 oder des Außengehäuses 335 kontrolliert eingestellt und gleichmäßig gemacht werden.

20

25

Die Einstellung des Verformungsverhaltens von einem Bauteil oder von Bauteilen untereinander (Fig. 9b) kann erfolgen durch eine Variation der Dicke der Wärmedämmschicht 7 (Fig. 12) und/ oder die Aufbringung von verschiedenen Materialien an verschiedenen Stellen der Oberfläche des Innengehäuses 335 (Fig. 13).

30

Ebenso kann die Porosität an verschiedenen Stellen des Innengehäuses 335 verschieden sein (Fig. 14).

Die Wärmedämmschicht 7 kann lokal begrenzt, beispielsweise nur im Innengehäuse 335 im Bereich des Einströmbereichs 333 aufgebracht sein.

35

Ebenso kann die Wärmedämmschicht 7 nur im Beschaukelungsbereich 366 lokal aufgebracht sein (Fig. 11).

- 5 Figur 12 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Verwen-
dung einer Wärmedämmschicht 7.
Hier ist die Dicke der Wärmedämmschicht 7 im Einströmbereich
333 beispielsweise mindestens 50% dicker ausgeführt als im
Beschaukelungsbereich 366 der Dampfturbine 300, 303.
- 10 Durch die Dicke der Wärmedämmschicht 7 wird der Wärmeeintrag
und damit die thermische Ausdehnung und somit das Verfor-
mungsverhalten des Innengehäuses 334, bestehend aus dem Ein-
strömbereich 333 und dem Beschaukelungsbereich 366, kontrol-
liert eingestellt und (über die axiale Länge) vergleichmäßigt
15 werden.

- Ebenso kann im Bereich des Einströmbereichs 333 ein anderes
Material vorhanden sein als im Beschaukelungsbereich 366.
- 20 Figur 13 zeigt verschiedene Materialien der Wärmedämmschicht
7 in verschiedenen Bereichen 333, 366 des Bauteils 1.
In beiden Bereichen 333, 366 ist eine Wärmedämmschicht 7 auf-
gebracht. Jedoch besteht die Wärmedämmschicht 8 im Bereich
des Einströmbereichs 333 aus einem ersten Wärmedämmschichtma-
25 terial, hingegen besteht das Material der Wärmedämmschicht 9
im Beschaukelungsbereich 366 aus einem zweiten Wärmedämm-
schichtmaterial.
- Durch das unterschiedliche Material für die Wärmedämmschich-
ten 8, 9 wird eine unterschiedliche Wärmedämmung erreicht,
30 wodurch das Verformungsverhalten der Bereiche 333 und 366
eingestellt wird, insbesondere vergleichmäßigt wird.
Eine höhere Wärmedämmung wird dort (333) eingestellt, wo
höheren Temperaturen herrschen.
- Die Dicke und/oder die Porosität der Wärmedämmschichten 8, 9
35 kann gleich sein.
- Ebenso kann natürlich auf den Wärmedämmschichten 8, 9 eine
Erosionsschutzschicht 13 angeordnet sein.

Figur 14 zeigt ein Bauteil 1, 300, 303 bei dem in verschiedenen Bereichen 333, 366 unterschiedliche Porositäten von 20
5 bis 30% vorhanden sind.

So weist beispielsweise der Einströmbereich 333 mit der Wärmedämmschicht 8 eine höhere Porosität auf als die Wärmedämmschicht 9 des Beschaukelungsbereichs 366, wodurch im Einströmbereich 333 eine höhere Wärmedämmung erzielt wird als
10 durch die Wärmedämmschicht 9 im Beschaukelungsbereich 366. Die Dicke und das Material der Wärmedämmschichten 8, 9 kann ebenfalls unterschiedlich sein.

Somit wird durch die Porosität die Wärmedämmung einer Wärmedämmschicht 7 eingestellt, wodurch das Verformungsverhalten
15 von verschiedenen Bereichen 333, 366 eines Bauteils 1 eingestellt werden kann.

Ebenso kann auf den Wärmedämmschichten 8, 9 eine Erosionsschutzschicht 13 vorhanden sein.

20 Durch die Maßnahmen gemäss Figuren 11, 12 und 13 werden die axialen Spiele zwischen Rotor und Stator (Gehäuse) eingestellt, da die thermisch bedingte Ausdehnung trotz unterschiedlicher Temperaturen oder thermischer Ausdehnungskoeffizienten angepasst wird ($dl_{333} \approx dl_{366}$). Die Temperaturunter-
25 schiede bestehen auch im stationären Zustand der Turbine.

Figur 15 zeigt ein weiteres Anwendungsbeispiel für die Verwendung einer Wärmedämmschicht 7.

30 Das Bauteil 1, insbesondere ein Gehäuseteil, ist hier ein Ventilgehäuse 31, in das durch einen Einströmkanal 46 ein heißer Dampf einströmt.

Der Einströmkanal 46 bewirkt eine mechanische Schwächung des Ventilgehäuses.

35 Das Ventilgehäuse 31 besteht beispielsweise aus einem topfförmigen Gehäuseteil 34 und einem Deckel 37.

Innerhalb des Gehäuseteils 31 ist ein Ventil, bestehend aus einem Ventilkegel 40 und einer Spindel 43 vorhanden.

Infolge Bauteil-Kriechens kommt es zu einem ungleichförmigen axialen Verformungsverhalten des Gehäuses 31 und des Deckels

5 37. Das Ventilgehäuse 31 würde sich, wie gestrichelt angedeutet, im Bereich des Kanals 46 axial stärker ausdehnen, so dass es zu einer Verkipfung des Deckels mit der Spindel 43 kommt. Dadurch sitzt der Ventilkegel 34 nicht mehr richtig auf, so dass die Dichtheit des Ventils reduziert wird.

10 Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht 7 auf eine Innenseite 49 des Gehäuses 31 wird eine Vergleichmäßigung des Verformungsverhaltens erreicht, so dass sich beide Enden 52, 55 des Gehäuses 31 und des Deckels 37 gleichmäßig ausdehnen.

15 Insgesamt dient das Aufbringen der Wärmedämmschicht dazu, das Verformungsverhalten zu kontrollieren und damit die Dichtheit des Ventils zu gewährleisten.

20 Figur 16 zeigt einen Stator 58, beispielsweise ein Gehäuse 335, 366 einer Turbine 300, 303 und ein rotierendes Bauteil 61 (Rotor), insbesondere eine Turbinenschaufel 120, 130, 342, 354.

25 Das Temperatur-Zeit-Diagramm $T(t)$ für den Stator 58 und den Rotor 61 zeigt beispielsweise beim Abfahren der Turbine 300, 303, dass die Temperatur T des Stators 58 schneller absinkt als die Temperatur des Rotors 61. Dadurch schrumpft das Gehäuse 58 stärker als der Rotor 61, so dass das Gehäuse 58
30 sich dem Rotor nähert. Daher muss ein entsprechender Abstand d zwischen Stator 58 und Rotor 61 im kalten Zustand vorhanden sein, um in dieser Betriebsphase ein Anstreifen des Rotors 61 an das Gehäuse 58 zu verhindern.

35

In Figur 17 ist auf den Stator (nicht rotierendes Bauteil) 58 eine Wärmedämmschicht 7 aufgebracht.

Die Wärmedämmschicht 7 bewirkt eine größere thermische Trägheit des Stators 58 oder des Bauteils (335), das sich stärker oder schneller erwärmt.

5 In dem Temperatur-Zeit-Diagramm ist wiederum der zeitliche Verlauf der Temperaturen T des Stators 58 und des Rotors 61 gezeigt. Durch die Wärmedämmschicht 7 auf dem Stator 58 steigt die Temperatur des Stators 58 nicht so schnell an und der Unterschied zwischen den beiden Kurven ist geringer. Dies ermöglicht einen geringeren radialen Spalt d_7 auch bei 10 Raumtemperaturen zwischen Rotor 61 und Stator 58, so dass der Wirkungsgrad der Turbine 300, 303 infolge eines geringeren Spaltes im Betrieb entsprechend erhöht wird.

Das Abstands-Zeit-Diagramm zeigt, dass ein kleinerer Abstand 15 d_7 ($d_7 < d_i < d_s$) bei Raumtemperatur RT vorhanden ist, der nicht zum Anstreifen von Stator 58 und Rotor 61 führt.

Die Temperaturunterschiede und damit einhergehende Spaltänderungen sind bedingt durch instationäre Zustände (Starten, 20 Lastwechsel, Abfahren) der Dampfturbine 300, 303, wohingegen im stationären Betrieb keine Probleme mit Änderungen radialer Abstände bestehen.

25 Figur 18 zeigt den Einfluss der Aufbringung einer Wärmedämmschicht auf ein wiederaufgearbeitetes Bauteil.

Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Bauteile, die im Einsatz waren ggf. repariert werden, d.h., dass sie 30 von Korrosions- und Oxidationsprodukten befreit werden, sowie Risse ggf. detektiert und beispielsweise durch Auffüllen mit Lot repariert werden.

Jedes Bauteil 1 hat eine bestimmte Lebensdauer, bis es zu 100% geschädigt ist.

35 Wenn das Bauteil 1, beispielsweise eine Turbinenschaufel oder ein Innengehäuse 334, zu einem Zeitpunkt t_s inspiziert und ggf. wieder aufgearbeitet wird, ist ein bestimmter Prozent-

satz der Schädigung erreicht. Der zeitliche Verlauf der Schädigung des Bauteils 1 ist mit dem Bezugszeichen 22 gekennzeichnet. Nach dem Servicezeitpunkt t_s würde die Schädigungskurve ohne eine Wiederaufarbeitung anhand der gestrichelten
5 Linie 25 weiter verlaufen. Die restliche Betriebsdauer wäre dadurch relativ kurz.

Durch die Aufbringung einer Wärmedämmschicht 7 auf das vorgeschädigte oder mikrostrukturell veränderte Bauteil 1 wird die Einsatzdauer des Bauteils 1 erheblich verlängert. Durch die
10 Wärmedämmschicht 7 wird der Wärmeeintrag und die Schädigung von Bauteilen verringert, so dass der Lebensdauerungsverlauf anhand der Kurve 28 weiter verläuft. Dieser Verlauf der Kurve ist gegenüber dem Kurvenverlauf 25 deutlich abgeflacht, so dass ein solches beschichtetes Bauteil 1 mindestens noch mal
15 so lang eingesetzt werden kann.

Nicht in jedem Fall muss die Lebensdauer des Bauteils, das inspiziert worden ist, verlängert werden, sondern es kann auch allein beabsichtigt sein, durch das erstmalige oder wiederholte Aufbringen der Wärmedämmschicht 7 das Verformungsverhalten von Gehäuseteilen zu kontrollieren und zu ver-
20 gleichmäßigen wodurch der Wirkungsgrad wie oben beschrieben durch die Einstellung der Radialspalte zwischen Rotor und Gehäuse sowie des Axialspaltes zwischen Rotor und Gehäuse erhöht wird.
25

Daher kann die Wärmedämmschicht 7 vorteilhafterweise auch auf nicht zu reparierende Bauteile 1 oder Gehäuseteile aufgebracht werden.

11. Dez. 2003

Patentansprüche

1. Verwendung einer Wärmedämmschicht (7) für eine
Dampfturbine (300, 303),
5 die aus Gehäuseteilen (34, 37, 334, 335, 366, 367)
besteht,
um ein unterschiedliches Verformungsverhalten der Bauteile
(34, 37, 334, 335, 366, 367),
insbesondere zwischen Raumtemperatur und
10 Betriebstemperatur,
zumindest teilweise,
insbesondere ganz einander anzupassen,
so dass eine Verringerung radialer und/oder axialer Spiele
in der Vorrichtung (1, 31, 300, 303) erreicht wird.
15
2. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass die Wärmedämmschicht (7) für ein Bauteil (34, 335)
verwendet wird,
das an ein anderes Bauteil (37, 334, 366, 367) angrenzt,
und dass das Verformungsverhalten des Bauteils (34, 335)
gegenüber dem angrenzenden Bauteil (37, 334, 366, 367) an-
25 gepasst,
insbesondere gleichmäßig wird.
3. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 2,
30 dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmedämmschicht (7) für einen Dampfeinströmbe-
reich (333) einer Dampfturbine verwendet wird,
der an zumindest einen Beschauelungsbereich (366, 367)
angrenzt, und
35 dass das Verformungsverhalten des Dampfeinströmbereichs
(333) dem Verformungsverhalten des angrenzenden
Beschauelungsbereichs (366, 367) angepasst wird.

4. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

5

die Wärmedämmschicht (7) für ein Turbinengehäuse (334,
335, 366, 367) verwendet wird.

10 5. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) für ein Ventilgehäuse (34) ver-
wendet wird.

15

6. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,

20 dass die Wärmedämmschicht (7) für ein Gehäuseteil (34)
eines Ventilgehäuses (31) verwendet wird,
das an einen Deckel (37) des Ventilgehäuses (31) angrenzt,
und
dass das Verformungsverhalten des Gehäuseteils (34) an das
25 Verformungsverhalten des angrenzenden Deckels (37)
 angeglichen wird.

7. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1,
30 dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) für eine Turbinenschaufel (342,
354, 357) verwendet wird.

35

8. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,

5 dass die Wärmedämmschicht (7) für ein Bauteil (1, 34, 37,
335, 366, 367) verwendet wird,
das (1) aus einem Substrat (4) und einer Wärmedämmschicht
(7) besteht, und
dass das Substrat (4) aus einer eisen-, nickel- oder
10 kobaltbasierten Legierung besteht.

9. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 8,
die (7) zumindest teilweise, insbesondere ganz aus Zirkon-
15 oxid (ZrO_2) besteht.

10. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 9,
die (7) zumindest teilweise, insbesondere ganz aus Titan-
20 oxid (TiO_2) besteht.

11. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 8, 9,
oder 10,
25 dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) für ein Bauteil (1) verwendet
wird,
wobei unterhalb der Wärmedämmschicht (7) des Bauteils (1)
30 eine Zwischenschuttschicht (10),
insbesondere eine MCrAlX-Schicht, vorhanden ist,
wobei M für zumindest ein Element der Gruppe Nickel,
Kobalt und insbesondere Eisen steht
sowie X Yttrium und/oder Silizium und/oder zumindest ein
35 Element der Seltenen Erden ist.

12. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Wärmedämmschicht (7) für ein Bauteil (1, 335, 366, 367) verwendet wird,
das einer Temperaturdifferenz,
insbesondere von mindestens 200°C,
gegeben durch eine höhere Temperatur auf der einen Seite
(336) des Bauteils (1, 335) und einer niedrigeren Tempera-
10 tur auf der anderen Seite (337) des Bauteils (1, 335),
ausgesetzt ist,
wobei die Wärmedämmschicht (7) auf der Seite (336) des
Bauteils (1) mit der höheren Temperatur aufgebracht ist.

15

13. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass

20 die höhere Temperatur mindestens 450°C, insbesondere bis zu 800°C beträgt.

14. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass

25

die für die Zwischenschuttschicht (10) ein Material bestehend aus

11,5 wt% - 20 wt%, insbesondere 12,5 wt% - 14 wt% Chrom,
0,3 wt% - 1,5 wt%, insbesondere 0,5 wt% - 1 wt% Silizium,
30 0,0 wt% - 1,0 wt%, insbesondere 0,1 wt% - 0,5 wt% Aluminium
sowie Rest Eisen verwendet wird.

35

15. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 9, 10
oder 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 5 die Wärmedämmschicht (7) für ein Bauteil (1) verwendet
wird,
wobei auf der Wärmedämmschicht (7) eine Erosionsschutz-
schicht (13),
insbesondere eine metallische Erosionsschutzschicht (13)
10 vorhanden ist.
16. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 15 als Erosionsschutzschicht (13) eine eisen-, nickel-,
chrom- oder kobaltbasierte Legierung,
insbesondere NiCr 80/20, verwendet wird.
- 20 17. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 15 oder
16,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 eine Erosionsschutzschicht (13) verwendet wird,
die eine geringere Porosität als die Wärmedämmschicht (7)
aufweist.
- 30 18. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 9, 10
oder 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
- eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
35 die porös ist.

19. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 17
oder 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 5 eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
die einen Gradienten in der Porosität aufweist.
20. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 19,
10 dadurch gekennzeichnet, dass
- eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
deren Porosität in einem äußeren Bereich der Wärmedämm-
schicht (7) am größten ist.
- 15
21. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 20 eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
deren Porosität im äußeren Bereich der Wärmedämmschicht
(7) am kleinsten ist.
- 25 22. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
- eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
deren Dicke lokal (335, 366, 367) verschieden ist.
- 30
23. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 22,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 35 eine Wärmedämmschicht (7) verwendet wird,
deren Material lokal (335, 366, 367) verschieden ist.

24. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 22,
oder 23,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Wärmedämmschicht (7) nur lokal in bestimmten Bereichen
der Oberflächen von Bauteilen (1, 34, 37, 333, 334, 335,
366, 367) der Vorrichtung (1, 31, 300, 303) aufgebracht
wird.

10

25. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 24,
dadurch gekennzeichnet, dass

15 die Wärmedämmschicht (7) nur im Dampfeinströmbereich (333)
der Dampfturbine (300, 303) verwendet wird.

26. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 22,
23 oder 24,

20 dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) im Einströmbereich (333) und im
Beschaufelungsbereich (366) der Dampfturbine (300, 303)
verwendet wird.

25

27. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 24,
dadurch gekennzeichnet, dass

30 die Wärmedämmschicht (7) nur lokal im Beschaufelungsbe-
reich (366) verwendet wird.

35

28. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 22,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Dicke der Wärmedämmschicht (7) im Einströmbereich
(333) größer ist als im Beschaukelungsbereich (366).

29. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

10 die Wärmedämmschicht (7) bei wieder aufzuarbeitenden Bau-
teilen (1) verwendet wird.

15 30. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, 9, 10
oder 12,
dadurch gekennzeichnet, dass

20 durch die Verwendung der Wärmedämmschicht (7) die maximal
zulässige Arbeitstemperatur in der Dampfturbine (300,
303) erhöht ist.

25 31. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

30 die Wärmedämmschicht (7) für eine Vorrichtung (1, 333,
334, 335, 366) verwendet wird,
ohne dass die maximale Arbeitstemperatur in der Dampftur-
bine (300, 303) erhöht wird.

32. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach zumindest einem der Ansprüche 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, oder 31, dadurch gekennzeichnet, dass

5 durch die Verwendung der Wärmedämmschicht (7) das gesamte Verformungsverhalten von verschiedenen Bauteilen (1, 333, 334, 335, 366, 367) eingestellt wird, indem die Porosität oder die Dicke oder das Material der Wärmedämmschicht (7) lokal variiert werden.

10

33. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

15 durch die Verwendung der Wärmedämmschicht (7) auf einem Gehäuseteil (366, 367) ein radiales Spiel zwischen einer Turbinenlaufschaufel (342, 354, 357) und einem Gehäuseteil (366, 367) durch das kontrollierte Verformungsverhalten eingestellt, insbesondere minimiert wird.

20

34. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 oder 32, dadurch gekennzeichnet, dass

25

durch die Verwendung der Wärmedämmschicht (7) axiale Spiele zwischen einem Rotor mit Turbinenschaufeln (342, 354, 357) und einem Gehäuse (366) durch das kontrollierte Verformungsverhalten eingestellt, insbesondere minimiert werden.

30

35. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1 für die Verringerung radialer und/oder axialer Spiele für stationäre Zustände der Dampfturbine(300, 303).

35

36. Verwendung einer Wärmedämmschicht nach Anspruch 1,
für die Verringerung radialer und/oder axialer Spiele für
5 instationäre Zustände der Dampfturbine (300, 303).

37. Dampfturbine,
die zumindest zwei Gehäuseteile (335, 366, 367) aufweist,
10 die eine Wärmedämmschicht (7) aufweisen,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) verschiedene Materialien und/oder
15 verschiedene Dicken und/oder verschiedene Porositäten auf
den verschiedenen Gehäuseteilen (335, 366, 367) aufweist.

38. Dampfturbine nach Anspruch 37,
20 dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) im Einströmbereich (333, 335)
angeordnet ist.

25
39. Dampfturbine nach Anspruch 37 bis 38,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Wärmedämmschicht (7) im Betrieb Temperaturen bis
30 maximal 800°C, insbesondere bis 650°C ausgesetzt ist.

Zusammenfassung

Verwendung einer Wärmedämmschicht für ein Bauteil einer
Dampfturbine und eine Dampfturbine

5

Die Erfindung betrifft ein Bauteil (1) einer Dampfturbine mit
einer Wärmdämmschicht (7), um das Verformungsverhalten auf-
grund unterschiedlicher Erwärmungen des Bauteils (1) zu ver-
10 gleichmäßigen.

Figur 1

1/9

FIG 1

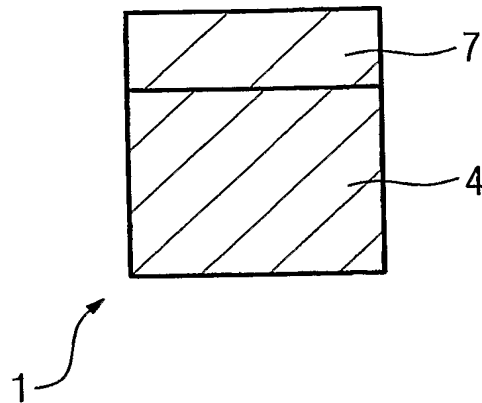


FIG 2

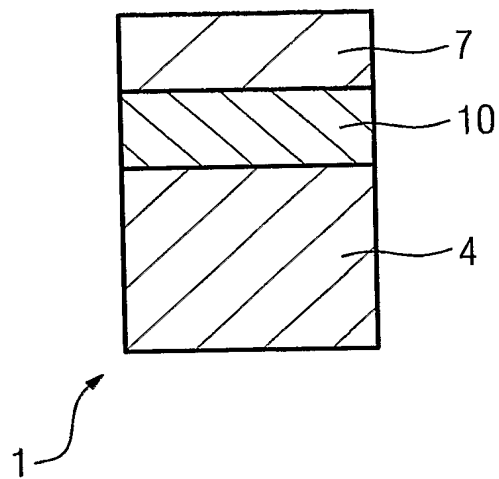


FIG 3

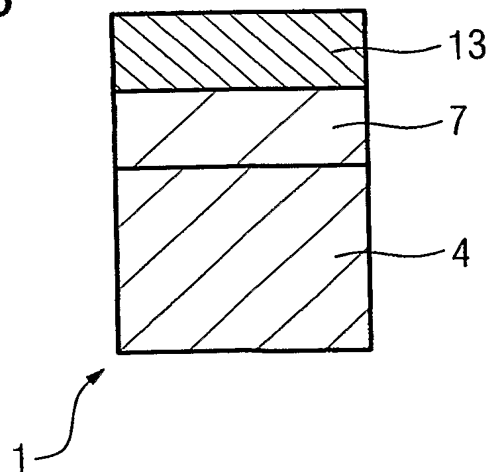


FIG 4

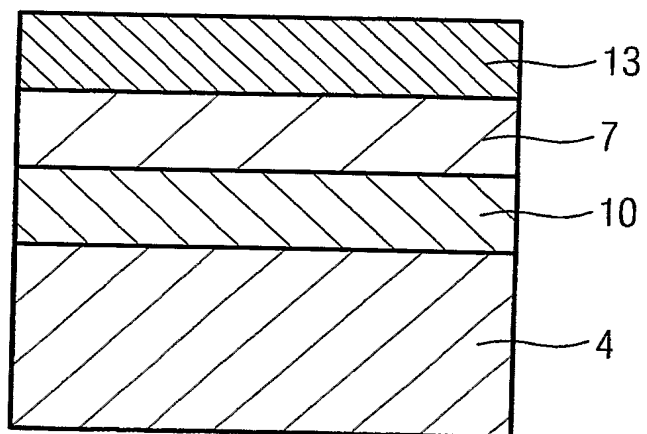


FIG 5

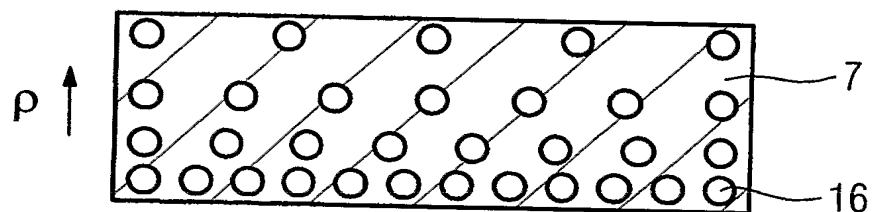


FIG 6

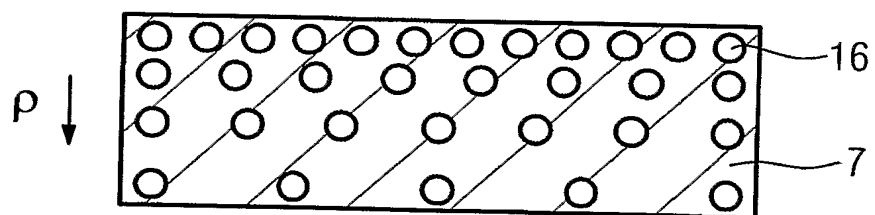


FIG 7A

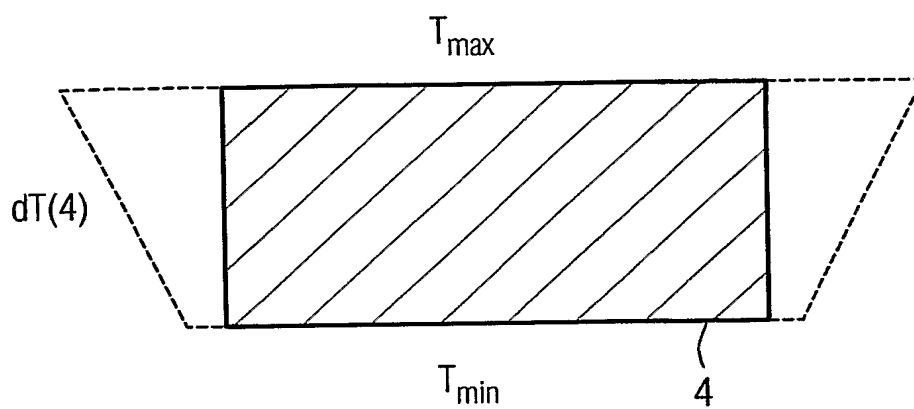


FIG 7B

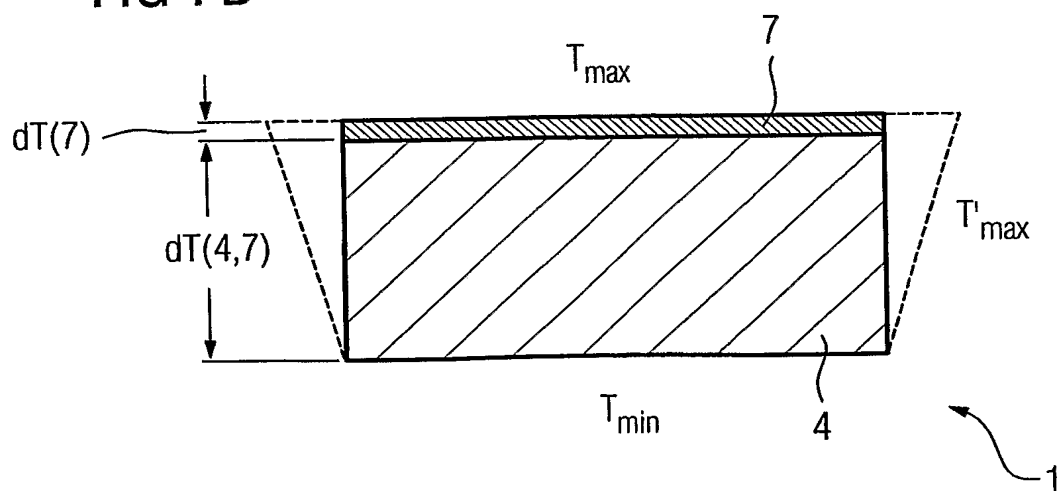


FIG 8

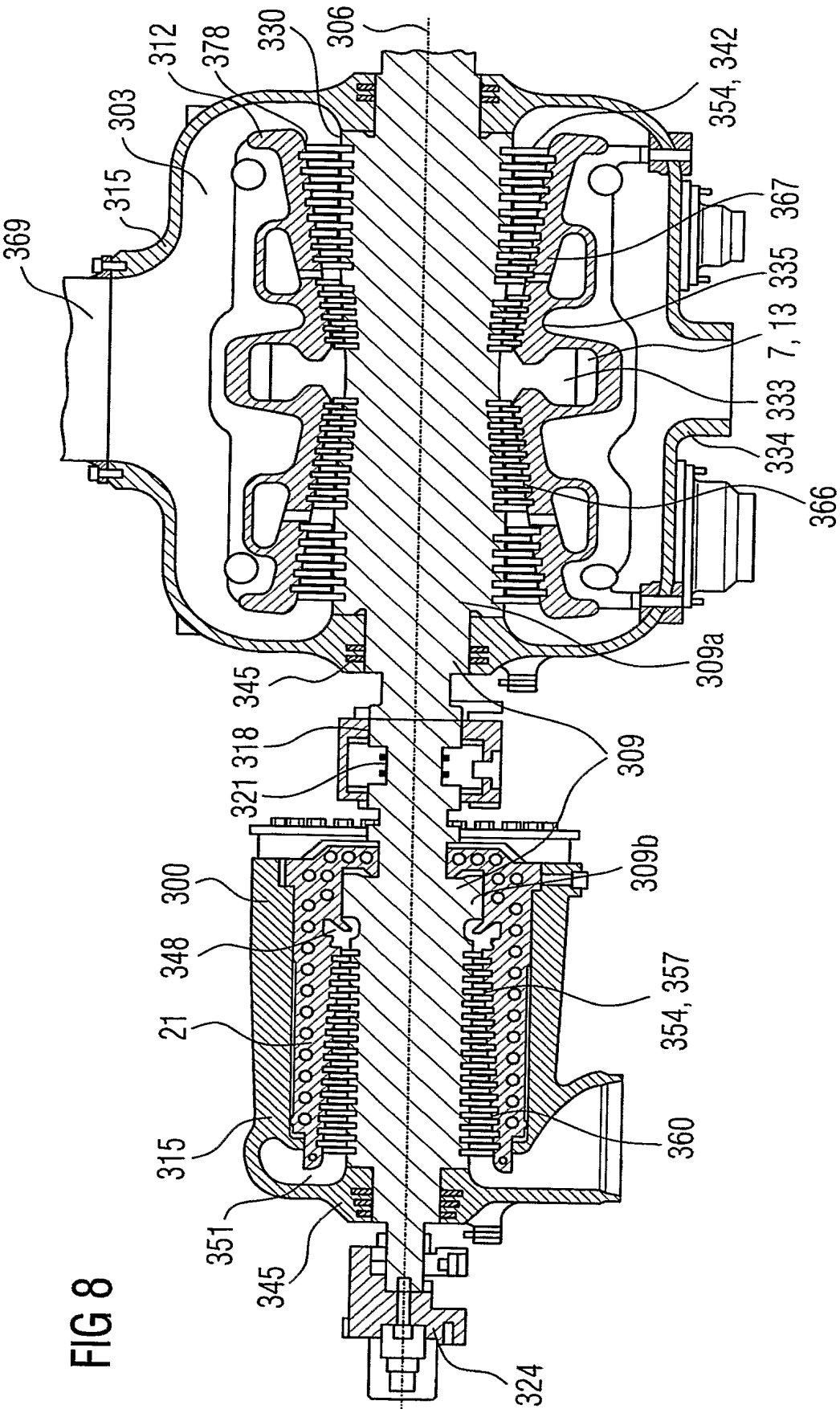


FIG 9A

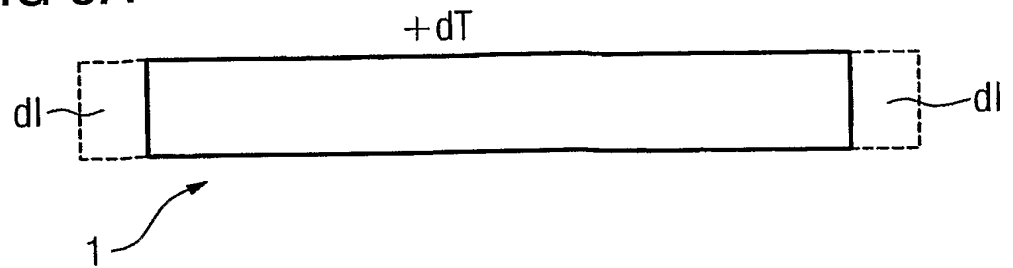


FIG 9B

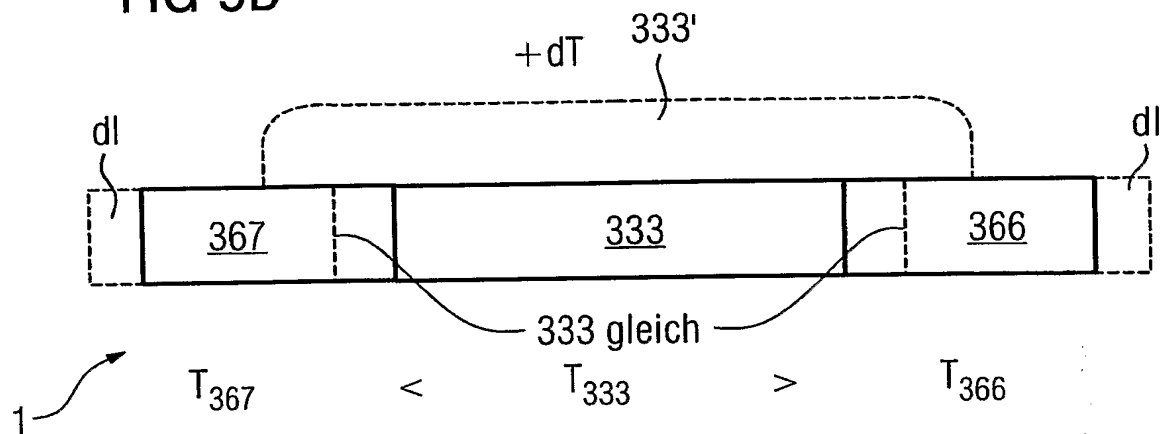


FIG 10

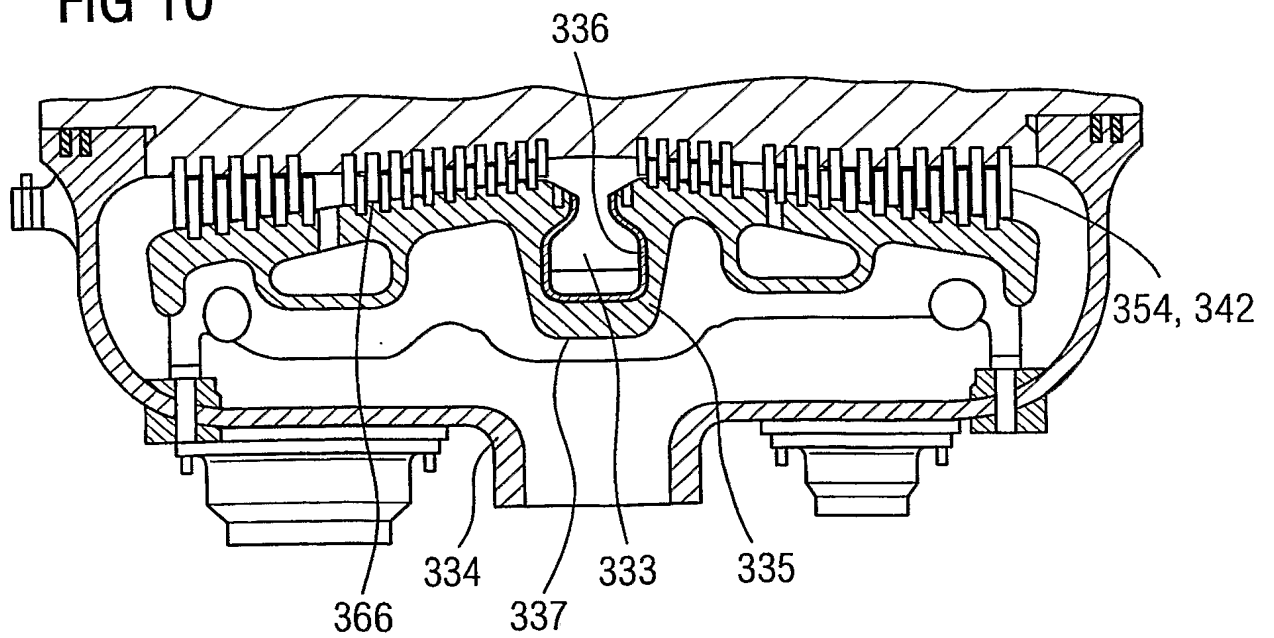


FIG 11

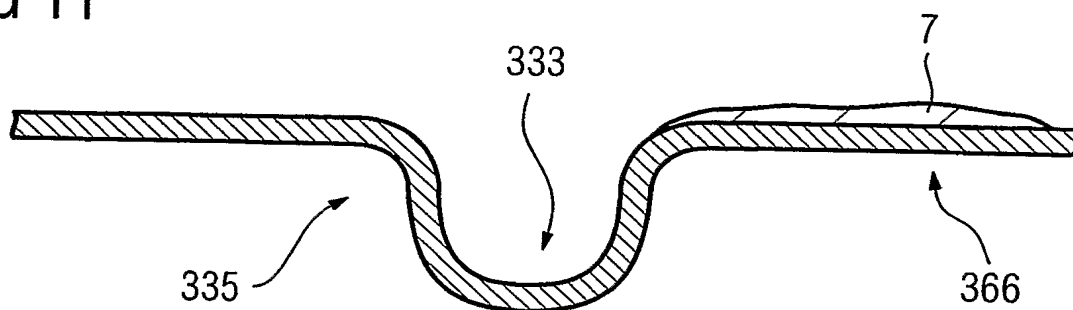


FIG 12

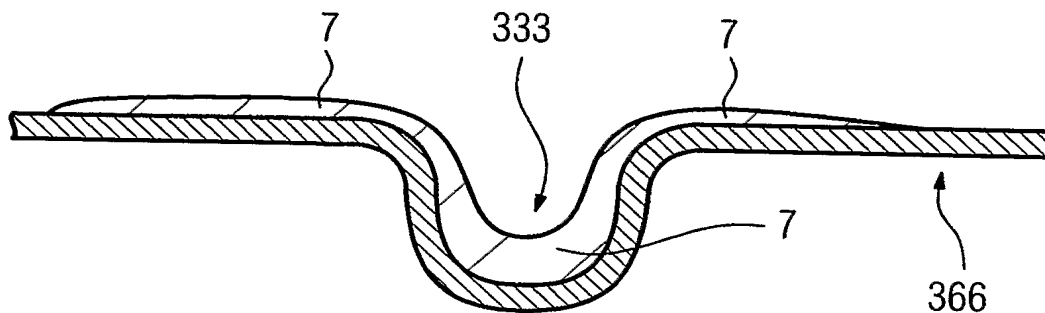


FIG 13

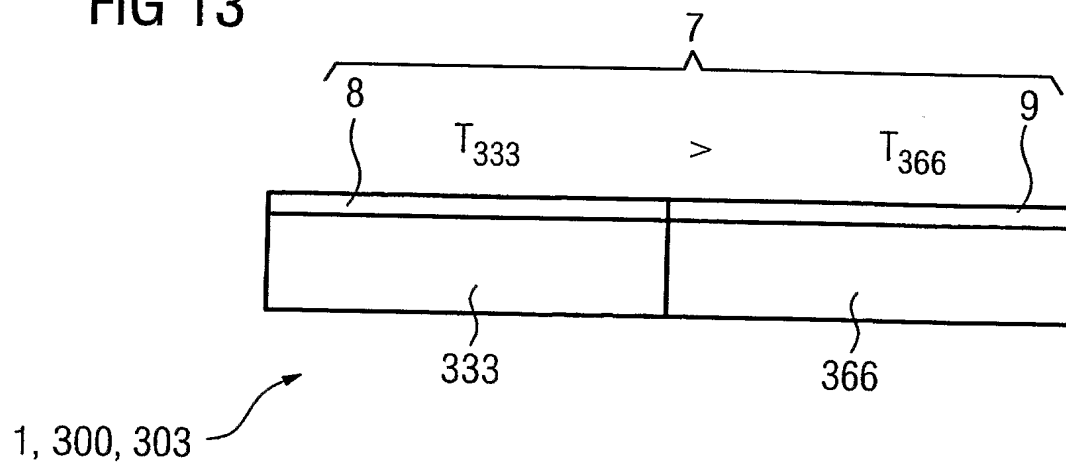


FIG 14

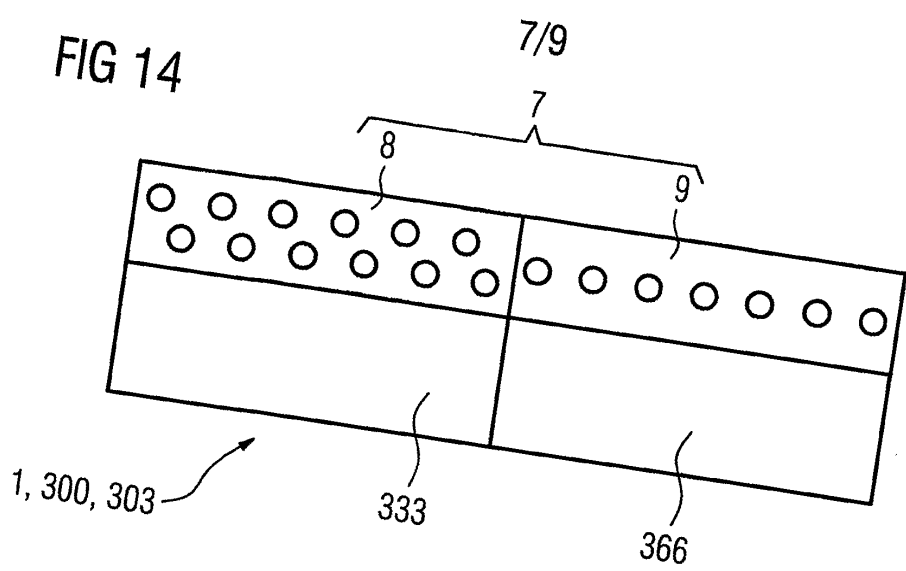


FIG 15

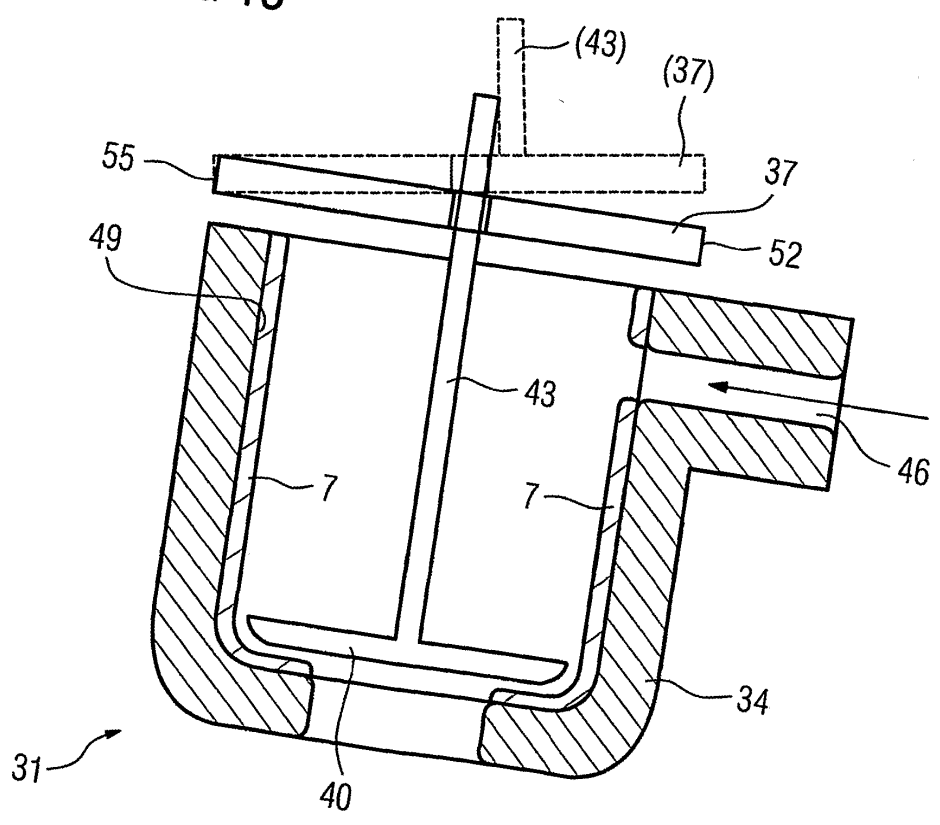
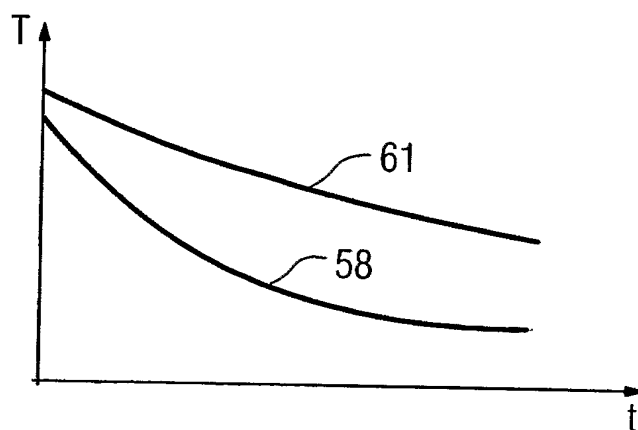
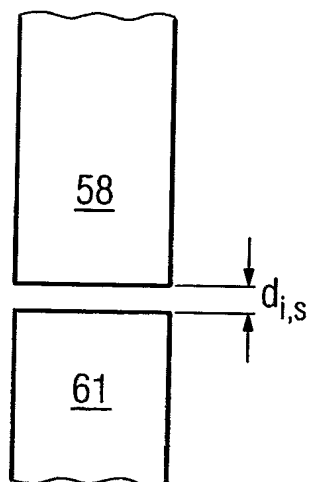
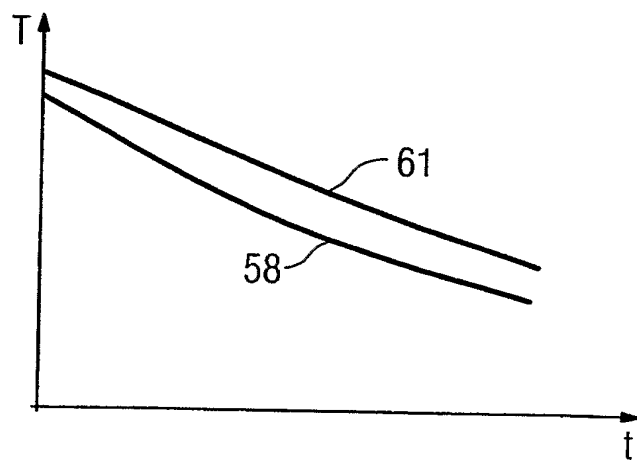
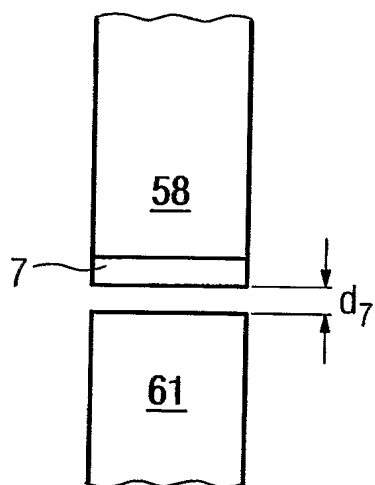


FIG 16



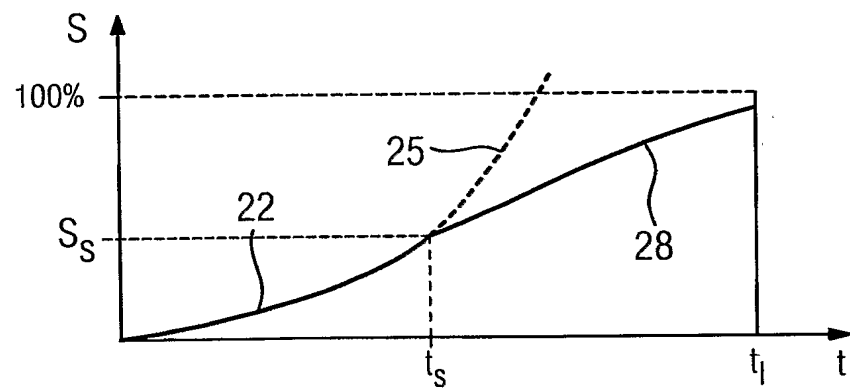
----- 306

FIG 17



----- 306

FIG 18



PCT/EP2004/013651

